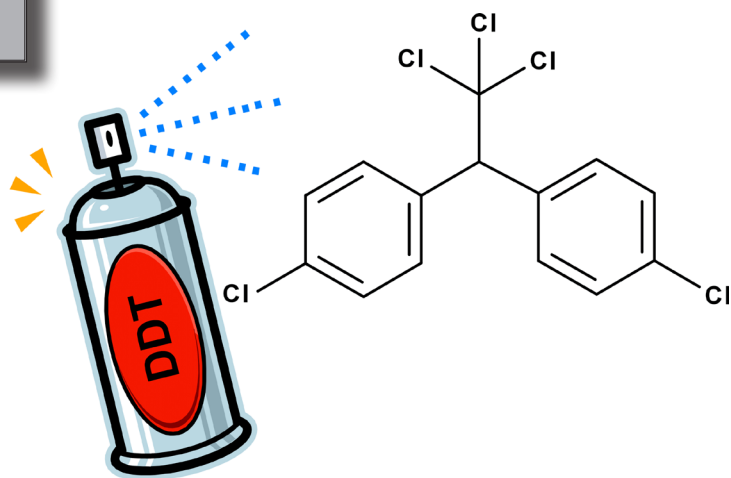


LA MOLÉCULA DESTACADA

DDT, una revisión histórica

Nadia Gamboa Fuentes*



El DDT está íntimamente vinculado al siglo XX. Su producción, uso y comercialización están prohibidos por ser un contaminante organoclorado persistente controlado por el Convenio de Estocolmo.

Palabras clave: COPs, DDT, pesticidas

DDT is closely linked to the twentieth century. Its production, use and marketing are now banned because it is a persistent organochlorine pollutant controlled by the Stockholm Convention.

Keywords: POPs, DDT, pesticides

“La necesidad es la madre de la invención” (Susannah Centlivre, 1667? – 1723, dramaturga inglesa) es una muy apropiada frase que explica el desarrollo de la ciencia y la tecnología a lo largo de nuestra historia. Las guerras han sido los catalizadores de la creatividad de los seres humanos y, en este caso que nos ocupa, una lamentable adición a las consecuencias de todas las guerras.¹ Se le debe a la Segunda Guerra Mundial el uso extendido como insecticida del compuesto diclorodifeniltricloroetano, más conocido por sus siglas DDT, al ser empleado para proteger a las tropas durante las acciones militares en el Sudeste Asiático, Filipinas, Japón e Italia del ataque de los insectos que devoraban vorazmente telas y cueros. Los soldados eran fumigados directamente para protegerlos y los civiles luego aplicarían el insecticida de manera similar (Figura 1).

El DDT fue reportado por primera vez en 1874 en Alemania como parte de la tesis doctoral del químico austriaco Othmar Zeidler en la Universidad de Estrasburgo (ciudad que en aquel entonces estaba en territorio alemán), y cuyo objetivo consistía en sintetizar nuevas moléculas orgánicas.¹ En 1939 el químico suizo Paul Hermann Müller (Figura 2), de la Geigy Pharmaceutical, descubrió las propiedades insecticidas del olvidado compuesto y, en 1948, recibió el Premio Nobel en Medicina por “su descubrimiento de la alta eficiencia del DDT como

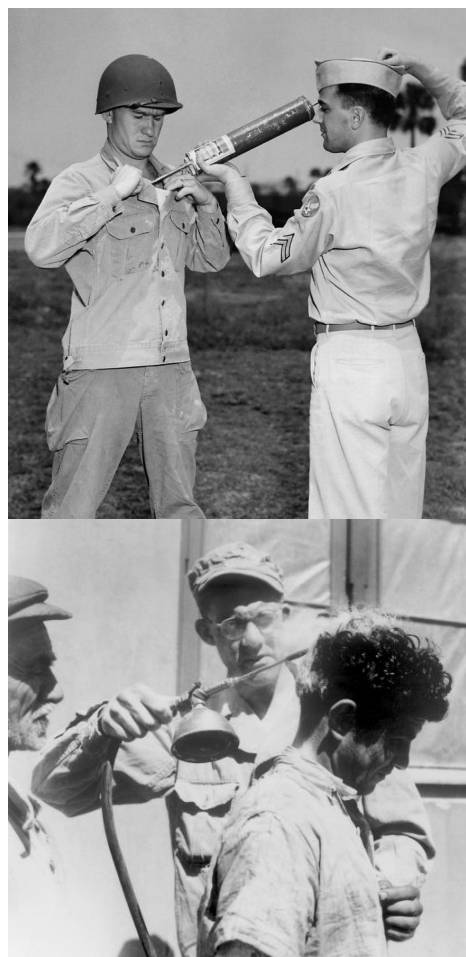


Figura 1. Aplicación directa de DDT en seres humanos durante la II Guerra Mundial. Fuente: Centers for Disease Control and Prevention, CDC (EE.UU.). Imágenes n° 2620 y 2621 (☒)

* Nadia Gamboa, doctora en Ciencias Ambientales, es profesora e investigadora de la PUCP. Trabaja en las áreas de química analítica y ambiental y ha publicado diversos artículos científicos en dichas áreas. Fue “Premio Nacional por la Mujer en la Ciencia” (☒) en 2013 (email: ngamboa@pucp.pe) <http://revistas.pucp.edu.pe/quimica>

1. Friedman, H. B.: *J. Chem. Educ.* **1992**, 69(5), 362-365. (☒)



Figura 2. Paul Hermann Müller, Premio Nobel de Medicina 1948 por su descubrimiento de las propiedades insecticidas del DDT. (Fuente: The Nobel Foundation, (📄))

un veneno de contacto contra varios artrópodos”.² Aunque, con los conocimientos actuales sobre el DDT, un premio como el Nobel a este descubrimiento pueda sorprendernos, este debe comprenderse en su verdadero contexto histórico. En esa época era necesario controlar las plagas y los vectores del tifus y la malaria que amenazaban al mundo; además, la preocupación por el medio ambiente o por la exposición crónica a agentes contaminantes todavía no era muy común y no se manifiesta públicamente hasta la década de los sesenta.

En 1944 el químico estadounidense Frank Mayo estaba a la búsqueda de nuevos productos que fabricar y vender, y encontró casualmente una nota en *The Atlanta Journal* sobre Othmar Ziedler, lo que fue suficiente para que su ambición le guiara en su búsqueda de información más detallada: él quería la receta pues hasta aquel entonces el DDT era un secreto militar del que poco se sabía. No obstante, se tenía conocimiento de que Joseph Jacobs, químico de Merck & Company en Nueva Jersey, había replicado el procedimiento de Ziedler a mayor escala y producido las primeras 500 libras de DDT hechas en los Estados Unidos. Este producto fue trasladado rápidamente a Italia en 1943 para ayudar a detener una epidemia de tifus en la tropa americana.³

Lo que Mayo realizó, después de haber tropezado con la nota, fue un despliegue de aquello que los académicos esperamos de nuestros alumnos: una búsqueda implacable por la información bibliográfica, sorteando todos los obstáculos que se presentaron en una época en la que no había fotocopiadoras, escáneres ni internet. Ubicó la publicación de la disertación de

2. The Official Web Site of the Nobel Prize. (📄)

3. Jason, G.: “*Dangerous Thoughts?*”. Xlibris Corporation, EEUU, 2011.

* Se podría traducir como: “Compuestos de cloral con bromo- y clorobenceno”, Reportes de la Sociedad Alemana de Química. Ziedler, O.: *Ber. Dtsch. Chem. Ges.* **1878**, 7 (2), 1180–1181. doi: 10.1002/cber.18740070278. (📄)

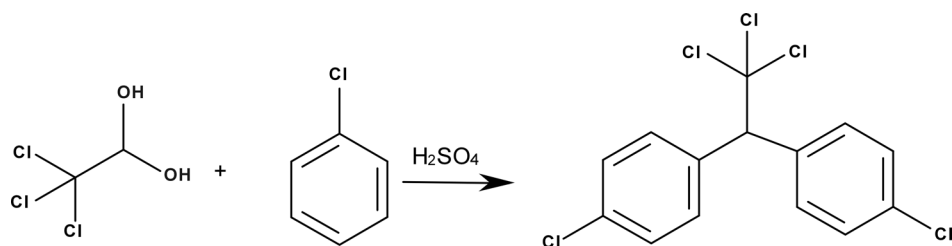


Figura 3. Síntesis del DDT, según O. Ziedler (véase texto).

Ziedler titulada “*Verbindungen von Chloral mit Brom- und Chlorbenzol*”, que había sido publicada en *Berichte der Deutschen Chemischen Gesellschaft*,* donde explica la síntesis del DDT a partir de monochlorobenceno y cloral en presencia de ácido sulfúrico al 98% (Figura 3). Le encargó a su propia hija - que no era química ni comprendía alemán - que manuscribera la receta allí publicada. Se las ingenió para conseguir los reactivos (lo que no fue fácil); sintetizó una pequeña cantidad en su propio hogar; la aplicó en un área de la casa que estaba infestada de pulgas; expuso a su esposa y a sí mismo para comprobar que no se subieran insectos a sus tobillos; y confirmó que había logrado la eliminación de las pulgas, pero también de las cucarachas y moscas y todo insecto que se hallaba en dicha zona de la casa.¹ Su producción fue casi artesanal y aunque produjo el insecticida durante un tiempo, a pesar de haber aún demanda, migró su atención al desarrollo de otros compuestos clorados.

Si bien el salto del DDT al uso público fue motivo de alegría pues era, y aún lo es, uno de los plaguicidas más potentes sintetizados, otra historia ocurría concomitantemente. Su aplicación en campos de cultivo y en los hogares (Figura 4) significó también su masiva liberación al ambiente, entre



Figura 4. Imágenes de recipientes comerciales de DDT que ya no usan. Fuente: Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Disponibles en la sección de “Prevention and disposal of obsolete pesticides”. (📄)

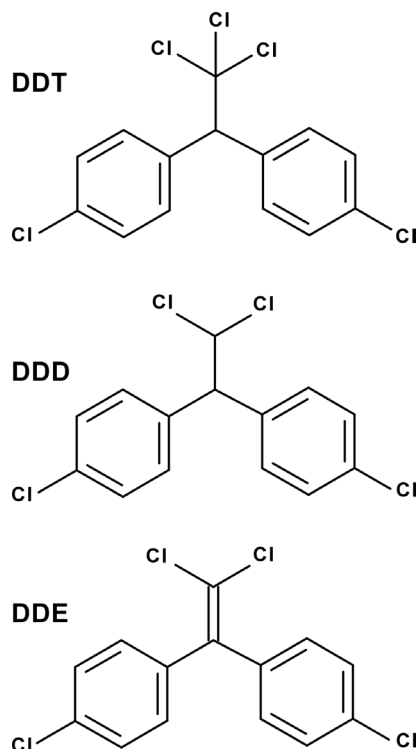


Figura 5. Estructuras químicas del DDT y sus metabolitos, DDD y DDE. (Nombres sistemáticos IUPAC: DDT= 1,cloro-4-[2,2,2-tricloro-1-(4-clorofenil)etil]benceno; DDD= 1-cloro-4-[2,2-dicloro-1-(4-clorofenil)etil]benceno; DDE= 1,1-dicloro-2,2-bis(4-clorofenil)eteno).

otras cosas, debido a que las personas tienen la costumbre de aplicar siempre las sustancias químicas en exceso, tal vez pensando que con ese exceso (muchas veces en grueso) se asegura el exterminio de la plaga. Es más, ahora se sabe que, a pesar de estar catalogado como un contaminante persistente, es capaz de ser lentamente alterado en el ambiente y genera hasta dos metabolitos (DDD y DDE, ver Figura 5). Por ello, cuando se hace un monitoreo de DDT se reporta $\Sigma_{(DDTs)}$, lo que significa que se están reportando concentraciones de DDT, DDE y DDD totales en la matriz estudiada.

En 1962 la bióloga marina estadounidense Rachel Carson (1907 – 1964; Figura 6) publicó un libro que ahora es lectura obligada para todo investigador ambiental: “La Primavera Silenciosa”.⁴ En dicha obra ella resalta el uso de ciertas sustancias químicas y su efecto en el ecosistema. Entre ellas, el DDT es, sin duda, el actor más importante con una leyenda

- Carson, R.: “*La Primavera Silenciosa*”, Houghton Mifflin, Boston, 1962.
- Khan, R.: “*Top 25 science books*”. Discover Magazine, Nov. 21, 2006. (📄, consulta mayo 2014)
- Graham, F. “*Fifty Years After Silent Spring, Assault on Science Continues*” Yale Environment 360. 21 Junio 2012. (📄, consulta junio 2014)
- Richardson, J.R. y col. *JAMA Neurol.* **2014**, 71(3), 284-290. (📄)
- “Plaguicidas Restringidos y Prohibidos en el Perú”. Servicio Nacional de Sanidad Agraria (SENASA). 2014. (📄, consulta mayo 2014)



Figura 6. Rachel L. Carson (en 1944), la autora de *La Primavera Silenciosa*. Fuente: página web de la U.S. Fish and Wildlife Service photolibrary. (📄)

comparable a la de los Borgia, según Carson. También escribe sobre los otros miembros de la “*Docena Sucia*”, traducción literal de *Dirty Dozen*, nombre con el que se conoce a los compuestos orgánicos clorados comprendidos como prioritarios en el Convenio de Estocolmo. En realidad, *Dirty Dozen* es el nombre original de la película conocida como *Los Doce del Patíbulo*, un clásico de guerra estrenado en 1967, así que bien pudo haber sido una metáfora en el mundo científico de aquel entonces.

En su libro, también describe el efecto del arsénico, del Malathion (pesticida organofosforado), del 2,4-D y 2,4,5-T (herbicidas clorados). Su libro no es el tradicional libro científico sino que es una de las primeras publicaciones sobre temas científicos escrito por científicos pero en un lenguaje de fácil comprensión para no científicos. El título es bastante sugestivo: la aplicación de los plaguicidas no solo controla las plagas objetivo sino que queda libre en el sistema, se bioacumula y se biomagnifica por su tránsito a través de la cadena trófica, con la consecuente desaparición de especies y alteración de los ciclos naturales. Si los insectos mueren, los pájaros pierden alimento y migran en busca de ello. Por eso, ya no se escuchan más los trinos y la primavera, tradicionalmente musical, se vuelve silenciosa. Es un bello libro (uno de los 25 libros científicos más influyentes de la historia según *Discover Magazine*⁵) que narra una pesadilla y fue uno de los motores de la generación del movimiento ecologista, algo que ella no pudo acompañar pues murió en 1964 por cáncer de mama.

Los ataques a su argumentación obviamente vinieron del sector productivo⁶ e inclusive aún es posible encontrar defensores del DDT que acusan a Rachel Carson de ser la responsable de la muerte de millones de personas por causa de la malaria, paludismo y tifus. Recientemente, científicos de la Universidad de Rutgers (Estados Unidos) han anunciado que la exposición al DDT puede incrementar el riesgo y la severidad de la enfermedad de Alzheimer en algunas personas, especialmente los mayores de 60 años.⁷

El DDT (Tabla 1) es un plaguicida agrícola prohibido en numerosos países, incluido el Perú.⁸ El Convenio de Estocolmo

Tabla 1. Ficha técnica del DDT^(a)

Tabla 1. Ficha técnica del DDT ^(a)	
Nombre químico	Común: 1,1,1-Triclorodifeniltricloroetano Sistemático: 1,cloro-4-[2,2,2-tricloro-1-(4-clorofenil)etil]benceno
Número CAS	50-29-3
Propiedades	Solubilidad en agua: 1.2 – 5.5 µg/L a 25°C Presión de vapor: 0.2 x 10 ⁻⁶ mmHg a 20°C p,p'-DDT Log K _{ow} : 6.19 ; p,p'-DDE Log K _{ow} : 5.7 ; p,p'-DDD Log K _{ow} : 5.5 (*)
Persistencia	DDT en suelos: t _½ > 15 años ; DDT en aire: t _½ c.a. 7 días. Factores de biconcentración altos, en el orden de 50 000 para peces y 500 000 para bivalvos. El producto se metaboliza a DDD y DDE.
Toxicidad	La concentración de DDT más baja reportada en dieta que causa adelgazamiento de los cascarones de huevos fue de 0.6 mg/kg para pato negro. LC ₅₀ : 1.5 mg/L para perca americana; LC ₅₀ : 56 mg/L para guppy. La toxicidad aguda de DDT para mamíferos es moderada con LD ₅₀ en rata de 113 – 118 mg/kg peso corporal. El DDT ha mostrado tener actividad de tipo estrogénica y es posible carcinógeno en humanos. El nivel residual máximo en alimento recomendado por OMS/FAO va de 0.02 mg/kg grasa láctea a 5 mg/kg grasa de carne roja. El nivel máximo permitido de DDT en agua potable (OMS) es 1.0 µg/L
Síntomas de intoxicación	Irritación en los ojos y la piel; parestesia en la lengua, los labios, la cara; temblor; ansiedad, mareos, confusión, sensación vaga de malestar, dolor de cabeza, lasitud (debilidad, agotamiento); convulsiones; parestesia en manos; vómitos; carcinógeno ocupacional potencial
Órganos objetivo	Ojos, piel, sistema nervioso central, riñones, hígado, sistema nervioso periférico
^(a) Datos tomados de: PNUMA: “Evaluación Regional sobre Sustancias Tóxicas Persistentes”. Informe Regional de Sudamérica Oriental y Occidental. Ginebra, 2002; (☐) y de CDC (Centers for Disease Control and Prevention): “DDT”. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards, 2011. (☐)	
^(b) Coeficientes de reparto (carácter hidrófilo o hidrófobo) de cada isómero del DDT activo para insecticida.	

fue adoptado el 23 de mayo de 2001 y entró en vigor a partir del 17 de mayo del 2004. Fue firmado por 152 gobiernos y 134 países son partes del mismo. El gobierno peruano firmó el Convenio el 23 de mayo de 2001, lo ratificó el 10 de agosto de 2005, y entró en vigor el 13 de diciembre de 2005.

Podríamos discutir más sobre las características físicas y químicas del DDT y sus metabolitos. Sin embargo, el objetivo de la autora de este artículo es reflexionar sobre lo importante que es el contexto histórico para explicar los errores que ahora nos han conducido a coexistir en un sistema que su-

fre las consecuencias de dichas acciones. Debemos aprender de nuestra propia historia y tener la habilidad de predecir los impactos de nuestras actividades antes de que estos realmente ocurran. Trabajar por una química sostenible y verde, que no es lo mismo, para garantizar un medio ambiente mejor para las generaciones futuras, o sea, nuestros hijos y nietos.

Recibido: 14 de mayo 2014

Aceptado en su forma final: 7 de octubre de 2014.

Bibliografía esencial

Carson, R.: “*La Primavera Silenciosa*”, Houghton Mifflin, Boston, 1962.

PNUMA: “*Evaluación Regional sobre Sustancias Tóxicas Persistentes*”. Informe Regional de Sudamérica Oriental y Occiden-

tal. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente: Ginebra, 2002. (☐)

Página web de la Convención de Estocolmo, Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (☐)